

補助人工心臓用経皮エネルギー伝送におけるトランスの三相交流化による放射磁界低減

東京理科大学大学院基礎工学研究科電子応用工学専攻

橋本 一生, 柴 建次

Issei HASHIMOTO, Kenji SHIBA



1. 目的

植込み型補助人工心臓 (VAD) が抱える深刻な問題の一つにドライライン感染がある。Japanese registry for Mechanically Assisted Circulatory Supportによると、VAD 植込み後360日での感染症発生率は56%である。この問題を解決するため、完全植込み型VADの開発が望まれており、重要な要素技術として、経皮エネルギー伝送 (transcutaneous energy transfer : TET) の開発が進められている。TETはドライラインを無線化する技術であり、電磁誘導によって経皮的にVADへ電力を供給する。しかし、給電原理からもわかるように、周囲に強い高周波磁界を形成してしまう。高周波磁界は他の医療機器や電子機器に干渉して誤動作させる可能性がある。TETは電磁干渉の磁界に関する国際制限値¹⁾を超過しており、解決策が求められていた。そこで、筆者らはTETを三相交流化することで給電時の磁界強度を大幅に低減可能な三相交流型経皮エネルギー伝送 (three-phase TET) を提案している²⁾。10~30 W級の給電時に国際制限値を下回ることを目指している。今回、数値解析により15 W給電時の磁界強度が国際制限を満足するかについて検討した。

2. 方法

TETから放射される磁界強度をMOM (method of moment) による数値解析により評価した。図1に解析モデルを示す。送電受電ともに3つのコイルを用いており、各送電コイル (Tx) には位相が120°ずつずれた電源が設けら

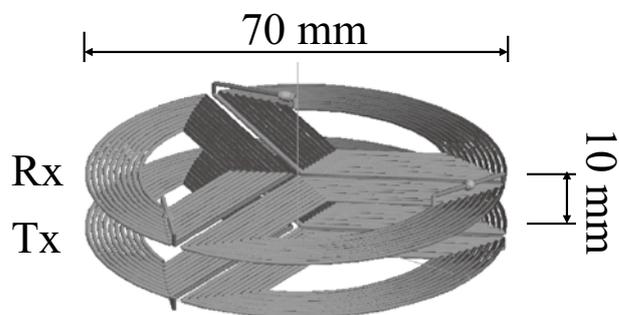


図1 三相交流型経皮エネルギー伝送の解析モデル

れている。3つの受電コイル (Rx) には38.4 Ω がそれぞれ負荷されている。コイルの持つ等価直列抵抗は周波数依存性を持つため、実際にコイルを試作して実測した値から近似関数を作成して使用した。今回解析したモデルは直径70 mmであり、標準的なTETと同等の大きさである。また、送受電間距離は10 mmとした。比較のため、一般的なTETの解析も行った。三相交流型TETと比較するため、直径70 mm, 送受電間距離10 mmとした。負荷には38.4 Ω を用いた。

さらに、TETの重要な評価基準である電力伝送効率の評価も行った。回路方程式から理論的な電力伝送効率を求めた。ただし、相互インダクタンスはノイマンの公式を直接適用すると計算が煩雑になってしまうため、MOM解析から得たものを用いた。ここでの電力伝送効率はAC (alternating current) -to-AC効率であり、インバータやコンバータなどの電力変換部は含んでいない。

3. 結果

図2に磁界強度の解析結果を示す。磁界強度は周波数に依存するが、例として1 MHzでは、三相交流型TETの磁界

■ 著者連絡先

東京理科大学大学院基礎工学研究科電子応用工学専攻

(〒125-8585 東京都葛飾区新宿6-3-1)

E-mail. 8115701@ed.tus.ac.jp

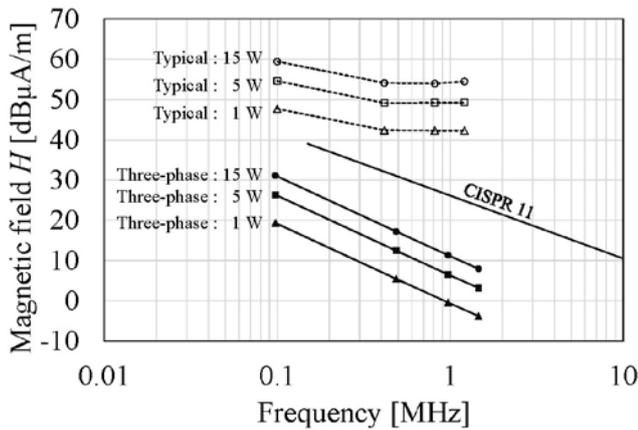


図2 磁界強度のMOM解析

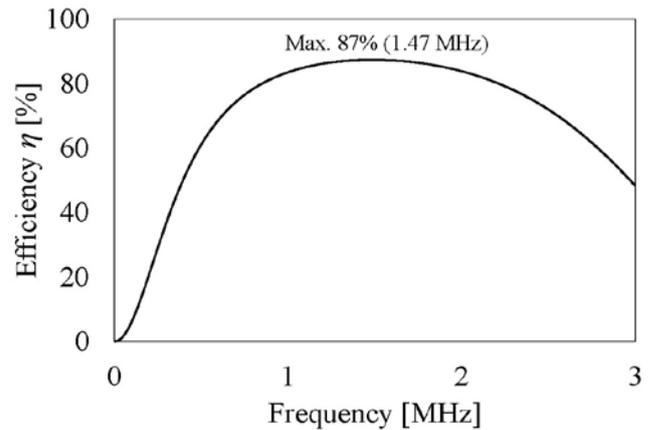


図3 電力伝送効率の理論計算

強度は国際制限値より約15 dB μ A/m低かった。一方、従来型TETの磁界強度は25 dB μ A/m超過していた。先行研究でも本研究室で使用しているTETが20 dB μ A/m超過していることから、大幅に磁界を抑制できる結果となった。図3に電力伝送効率の計算結果を示す。最大電力伝送効率は、伝送周波数1.47 MHzにおいて87%であった。

4. まとめ・独創性

本研究では、従来TETを含む非接触給電技術に用いられなかった三相交流を導入することで、磁界強度の大幅な低減に成功した。電力伝送効率も87%と、水準より数%低い程度であり、現段階では十分実用化可能だと考えている。しかし、位置ずれに対しての伝送特性が従来型と大きく異なる。また、実際に回路化する上で各共振回路のLC値(部品に依存した定数)のばらつきは避けられないが、その場合には相間の電流位相差が120°ではなくなってしまう。すると、磁界の低減効果が薄れてしまうことが予想される。

そこで、この位相をスイッチング電源で制御することで適切に保つ必要があり、大きな技術的課題である。

謝 辞

本稿を終えるにあたり、今回このような榮譽あるYoshimi Memorial T.M.P. Grantに選出いただきましたことを厚く御礼申し上げます。

本稿の全ての著者には規定されたCOIはない。

文 献

- 1) International electrotechnical commission: International standard, industrial, scientific and medical equipment -Radio frequency disturbance characteristics- Limits and methods of measurement. CISPR 11 edition 5.0, 2009
- 2) 橋本 一生, 柴 建次: 三相交流を用いた経皮エネルギー伝送の放射磁界低減 —電磁界解析による基礎的検討—. 電子情報通信学会技術研究報告 **113**: 29-34, 2014